AVALIAÇÃO DO MATERIAL DE FUNDO E EM SUSPENSÃO NA FOZ DO RIO IVINHEIMA (MS)/PLANÍCIE FLUVIAL DO ALTO RIO PARANÁ, REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL

Fábio Luiz Leonel QUEIROZ [1]
Paulo César ROCHA [2]
Ismar Renan Alves de ANDRADE[1]
Juliana Luzia da SILVA[1]

RESUMO

Este trabalho busca avaliar as relações entre os materiais de fundo e em suspensão, com as velocidades de fluxo no Baixo Rio Ivinheima (MS), Planície de Inundação do Alto Rio Paraná, região centro-sul do Brasil. Para os estudos, foram utilizadas amostragens de campo, com a coleta de sedimentos de fundo através de um pegador do tipo Van-Veenn, e suspensão a partir de amostras d'água, coletadas com o auxilio de uma garrafa de Van Dorn. Os materiais foram obtidos entre os anos de 1999 e 2001. O material do leito passou por peneiramento em laboratório, com auxílio de um jogo de peneiras e agitador. Após esta etapa, os dados passaram por avaliações estatísticas através dos softwares Grânulo e Excel. A carga suspensa passou por filtragem com bomba a vácuo, utilizando filtros de fibra de vidro acoplados a suporte para alíquotas de 250ml. Posteriormente as concentrações de materiais em suspensão foram obtidas por diferença entre os pesos dos filtros, antes e após a filtragem. Após esta etapa os dados foram tratados no software Excel. Os dados de velocidade foram obtidos diretamente na seção transversal. No relacionamento entre a carga sedimentar (leito e suspensão), a bibliografia tem utilizado modelos em potência (y:a.xb) para o relacionamento entre a carga sedimentar e o fluxo. Utilizando-se deste procedimento, o resultado do relacionamento entre os materiais de fundo e as velocidades de fluxo no baixo Rio Ivinheima foi direto e fraco, indicado pelo valor R^2=0,2709. A média granulométrica dos sedimentos de fundo da seção esteve entre areias média e fina, moderadamente selecionadas, apresentando distribuição variando de aproximadamente simétrica à positiva, predominando curvas distributivas mesocúrticas e platicúrticas, com exceção a amostra de 12/99, que apresentou curva distributiva leptocúrtica. Observando o dado de curtose da amostra 12/99, esta indica a remoção de sedimentos pela corrente; as amostras 03/00 e 04/00 indicam que as modas estão significativamente separadas; e nas amostras 10/00, 01/01 e 04/01, indicam misturas das populações diferentes. O sedimento de fundo coletado na seção reflete o comportamento associado ao aporte de materiais a montante, originados no terraço e no planalto; não sofrendo nenhuma influência do canal Corutuba, que drena a várzea e se localiza a jusante da seção amostrada, cortando a região de montante da planície fluvial do alto Rio Paraná. O que explica a baixa concentração de matéria orgânica encontrada na seção, denunciada por Rocha (2002). O relacionamento do material em suspensão, com as velocidades de fluxo, apresentou-se com média intensidade e inversamente proporcional, com R^2=0,4111. A quantidade de material em suspensão, com exceção de 08/99 (24,1mg/L), permaneceu variando de 12,7mg/L a 9,1mg/L. A concentração média do material em suspensão foi de 12.125mg/L; valor superior ao obtido por Crispim (2001) no Rio Paraná, de 10.89 mg/L; essa variação possivelmente este relacionada com alterações no fluxo do Rio Paraná, promovida por barramentos de hidrelétricas presentes em seu curso. O entendimento das relações entre os materiais em transporte leito e o fluxo nos canais podem auxiliar na determinação de áreas em processo de deposição e/ou erosão, e servem também como indicadores de transformações no

[1] Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Acadêmicos de iniciação científica/Geografia, laboram@ceul.ufms.br
[2] Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Professor Doutor, pcrocha@ceul.ufms.br

sistema fluvial, atuando como um importante parâmetro para avaliar mudanças ocorridas no uso e ocupação do solo nas áreas de montante, uma vez que o material que esta chegando na seção tem uma origem nas áreas de montante.

INTRODUÇÃO

A área de estudo localiza-se no Baixo Rio Ivinheima (MS)/Planície Fluvial do Alto Rio Paraná, a jusante da UHE Sérgio Motta (Porto Primavera), região centro-sul do Brasil (Figura 1).

As planícies de inundação constituem a forma mais comum de sedimentação fluvial, encontrada em rios de grandezas variadas, área que durante o período de cheias é inundada, funcionando como leito do canal; é constituída por aluviões e materiais depositados dentro e fora do canal (CRHISTOFOLETTI, 1980). De acordo com Fernandez & Souza Filho (1995), apud Comunello (2001), a formação da Planície Fluvial do Alto Rio Paraná está associada a mudanças ocorridas durante o quaternário, ocasionando a modificação no padrão de drenagem; saindo de um padrão anastomosado e dirigindo-se a um padrão próximo ao entrelaçado.

O Alto Rio Paraná, compreende o trecho que vai de sua nascente nos Rios Grande (Serra do Mar) e Paranaíba (Serra da Mantiqueira), até o limite superior do reservatório de Itaipu, em Guaíra (PR). De sua nascente no Planalto Central, até atingir a sua foz, no estuário do Rio da Prata, ele percorre um trecho de 4.635 Km, passando por rochas sedimentares e vulcânicas, das bacias sedimentares do Paraná e do Chaco, cujas bordas se constituem pela encosta leste dos Andes e por rochas pré-cambrianas do Escudo Brasileiro do Norte e Leste (PETRI & FÚLFARO; 1983, apud, ROCHA, 2002).

O Rio Paraná em seu trecho superior drena em território brasileiro, uma área de 891.000 km², correspondendo a aproximadamente 10,5% do território nacional; possui declividade média de 0,8 m/km em seus formadores, Rios Grande e Paranaíba, alterando em direção as suas porções mais baixas para 0,3 e 0,4 m/km (PAIVA, 1982; apud ROCHA, 2002), no trecho entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR), atinge uma declividade média de 0,014 m/km (SOUZA FILHO, 1993). O Alto Rio Paraná possui direção geral norte-sul/sudoeste (IBGE, 1990; apud AGOSTINHO & ZALEWSKI, 1996). Sobre a hidrodinâmica atual do Rio Paraná, no trecho estudado, possui o período de cheia entre os meses de dezembro e março, e de vazante entre os meses de abril e novembro (ROCHA, 2002), apresentando padrão multicanal, com dois canais principais e vários canais secundários intercalados por ilhas e barras arenosas. Segundo a classificação de Koeppen, o clima regional é definido como subtropical úmido mesotérmico (Cfa-ha), com temperatura e precipitação médias anuais de 22º C e 1.200 mm, respectivamente (FERNANDEZ et al., 2000).

A bacia hidrográfica do Rio Paraná, que drena parte dos estados de Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul, apresenta-se como um típico rio de planalto, que associado aos seus formadores e afluentes, desce os degraus escalonados de basaltos do planalto meridional. Destacam-se as cachoeiras de Dourada, Marimbondo, Iguaçu e Urubupungá, localizadas respectivamente nos Rios Paranaíba, Grande, Iguaçu e Paraná. O que favoreceu a instalação do maior complexo hidrelétrico do país, com potencial de aproveitamento superior a 61,7% (OLIVEIRA, 1993; apud CUNHA & GUERRA, 1998).

O Rio Ivinheima (MS) apresenta-se com tributário direto do Rio Paraná, possui sua nascente próxima à cidade de Rio Brilhante (MS), tendo como formadores os Rios Brilhante e Vacaria, os quais têm suas nascentes na borda oeste da bacia do Rio Paraná e na Serra de Maracajú.

Após a confluência, já denominado de Rio Ivinheima (MS), percorre por substratos da Formação Caiuá (K), apesar de alguns afluentes da margem esquerda cortarem os substratos da Formação Santo Anastácio (K), à noroeste da cidade Nova Andradina (MS);

essa região é representada na paisagem, pelos planaltos areníticos-basálticos interiores, predominando duas formas associadas de relevos, relevos planos ou modelado plano e relevos de ação fluvial ou modelado de dissecação (SEPLAN-MS, 1990).

O período de cheia do Rio Ivinheima coincide com o do Rio Paraná, entre os meses de dezembro e março (verão); no entanto o primeiro pode apresentar um regime hidrológico bimodal, com um segundo evento de cheia, ocorrendo entre o inverno e a primavera, o qual pode ter a mesma magnitude do período principal (SILVA et al., 2004).

Este trabalho busca avaliar as relações entre os materiais de fundo e em suspensão, com as velocidades do fluxo no Baixo Rio Ivinheima (MS)/Planície Fluvial do Alto Rio Paraná. Região que possui uma complexidade hidrológica, comandada por uma grande diversidade de ambientes terrestres, fluviais e lacustres, que se comportam de maneira diferente, frente a um sistema hidrológico comandado por diferentes fontes (lençol subterrâneo, chuvas locais, fluxo dos Rios Paraná e Ivinheima).

MÉTODOS e TÉCNICAS

Utilizou amostragens de campo, com a coleta de sedimentos de fundo através de um amostrador de mandíbula do tipo Van-Veenn, com auxílio de um barco. O material coletado passou por peneiramento a seco, com auxílio de um jogo de peneiras e agitador. Após o peneiramento, em laboratório, os dados granulométricos do leito passaram por avaliações estatísticas através dos softwares Grânulo e Excel

As amostras de água para a avaliação dos sedimentos em suspensão foram coletadas com uma garrada de Van-Dorn e auxílio de um barco, após a coleta o material passou pelo processo de filtragem com bomba a vácuo, onde foram utilizados filtros de fibra de vidro acoplados a um suporte para alíquotas de 250 ml de amostras de água; posteriormente as concentrações de materiais em suspensão foram obtidas por diferença entre os pesos dos filtros, antes e após a filtragem. Após serem obtidas as concentrações, a carga suspensa foi tratada estatisticamente através do software Excel.

As velocidades de fluxo foram obtidas a partir de medidas diretas na seção de estudo no canal, com auxílio do aparelho “fluviômetro”.

Todas as coletas foram realizadas nos anos de 1999, 2000 e 2001.

RESULTADOS

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PARÂMETROS SEDIMENTOLÓGICOS

Média Granulométrica

De acordo com Ponçano (1986); apud Fernandez et al (2000), utiliza-se média granulométrica para definir as condições energéticas que prevalecem no ambiente de deposição.

As amostras são classificadas segundo a escala adotada (escala phi) em:

Tabela 1: Granulometria média.

Amostra	Período	Média (phi)	Classificação
Rio Ivinheima	Dezembro 1999	2,252	Areia fina

Rio Ivinheima	Março 2000	1,706	Areia média
Rio Ivinheima	Abril 2000	1,745	Areia média
Rio Ivinheima	Outubro 2000	2,004	Areia fina
Rio Ivinheima	Janeiro 2001	1,850	Areia média
Rio Ivinheima	Abril 2001	1,934	Areia média

Assimetria

Utiliza-se a variável assimetria para identificar áreas de deposição e de remoção seletiva, indicadas respectivamente, pela assimetria positiva e assimetria negativa (DUANE, 1964; apud FERNANDEZ et al, 2000). O parâmetro assimetria "é indicado pelo afastamento do diâmetro médio da mediana", podendo assumir valores positivos ou negativos, o que indica respectivamente maior desvio para partículas finas e grosseiras (SUGUIO, 1973).

De acordo com escala proposta por Folk & Ward; apud Suguio (1973), as amostras são classificadas em:

Tabela 2: Grau de assimetria.

Amostra	Período	Assimetria	Classificação
Rio Ivinheima 12/99	Dezembro 1999	-0,019	Aproximadamente simétrica
Rio Ivinheima 03/00	Março 2000	0,253	Assimetria positiva
Rio Ivinheima 04/00	Abril 2000	0,248	Assimetria positiva
Rio Ivinheima 10/00	Outubro 2000	-0,010	Aproximadamente simétrica
Rio Ivinheima 01/01	Janeiro 2001	0,207	Assimetria positiva
Rio Ivinheima 04/01	Abril 2001	0,102	Assimetria positiva

Grau de seleção

O grau de seleção relaciona-se ao retrabalhamento de depósitos, refletindo a variação na condição de fluxo (velocidade e turbulência), na área de deposição (PONÇANO 1986; apud FERNANDEZ et. al, 2000).

De acordo com escala proposta por Folk & Ward; apud Suguio (1973), as amostras são classificadas em:

Tabela 3: Grau de seleção.

Amostra	Período	Grau de seleção	Classificação
Rio Ivinheima 12/99	Dezembro 1999	0,811	Moderadamente selecionado
Rio Ivinheima 03/00	Março 2000	0,531	Moderadamente selecionado
Rio Ivinheima 04/00	Abril 2000	0,571	Moderadamente selecionado
Rio Ivinheima 10/00	Outubro 2000	0,618	Moderadamente selecionado
Rio Ivinheima 01/01	Janeiro 2001	0,601	Moderadamente selecionado
Rio Ivinheima 04/01	Abril 2001	0,616	Moderadamente selecionado

Curtose

Acerca do parâmetro curtose, Ponçano (1986); apud Fernandez et. al (2000), considera as distribuições leptocúrticas indicando a remoção de parte dos sedimentos por correntes de fundo, enquanto que as distribuições platicúrticas representam a mistura entre populações diferentes. Segundo Almeida & Rocha (2004), as distribuições mesocúrticas indicam "que as modas estão significativamente separadas".

De acordo com escala proposta por Suguio (1973), as amostras classificadas em:

Tabela 4: Curtose.

Amostra	Período	Curtose	Classificação
Rio Ivinheima 12/99	Dezembro 1999	1,182	Leptocúrtica
Rio Ivinheima 03/00	Março 2000	1,086	Mesocúrtica
Rio Ivinheima 04/00	Abril 2000	1,005	Mesocúrtica
Rio Ivinheima 10/00	Outubro 2000	0,738	Platicúrtica
Rio Ivinheima 01/01	Janeiro 2001	0,809	Platicúrtica
Rio Ivinheima 04/01	Abril 2001	0,748	Platicúrtica

A carga em suspensão é constituída por partículas capazes de serem transportadas em suspensão pelo fluxo turbulento; assim a diferenciação entre as cargas em suspensão e do leito baseiam-se mais no mecanismo de transporte que no calibre do material. O transporte do material em suspensão está relacionado a forças de fraca intensidade, sendo carreado praticamente na mesma velocidade da àgua, portanto a carga suspensa auxília na composição das características físicas da àgua (CHRISTOFOLETTI, 1981).

A carga de fundo de um canal é formada por sedimentos grosseiros, transportados por meio de três processos; saltação, deslizamento ou rolamento. O termo saltação é utilizado quando “as partículas são soerguidas do leito em ângulo acentuado, aceleradas pela jusante, pelo fluxo e, então, rebaixadas em direção do leito em declividade decrescente muito mais suave”. Utiliza-se o termo deslizamento como referência ao processo de “arrastar-se, executado pelos fragmentos rochosos, ao longo do leito sob a força do fluxo”, refere-se ao termo rolamento quando “os blocos e fragmentos vão girando para jusante, mas sempre em contato com a superfície de leito” (CHRISTOFOLETTI, op cit).

No relacionamento entre a carga sedimentar (leito e suspensão), a bibliografia tem utilizado modelos em potência (y:a.xb) para o relacionamento entre a carga sedimentar e o fluxo. Apartir deste processo foi analizado o relacionamento entre a carga sedimentar (carga de leito e carga em suspensão) e as velocidades do fluxo.

O relacionamento do material em suspensão, com as velocidades de fluxo, apresentou-se com média intensidade e inversamente proporcional, com R^2=0,4111 (Gráfico 1). A quantidade de material em suspensão, com exceção de 08/99 (24,1mg/L), permaneceu variando de 12,7mg/L a 9,1mg/L (Gráfico 2). As menores concentrações parecem estar relacionadas ao periodo de vazante do Rio Paraná e as maiores, ao enchimento da várzea durante débitos mais elevados do rio Paraná, causando diminuição das velocidades no rio Ivinheima e um efeito de afogamento na foz do rio Ivinheima, possibilitando assim a acumulação de materiais em suspensão.

Para efeito comparativo, a concentração média do material em suspensão no Rio Paraná obtida por Rocha (2002) foi de 12.125mg/L; valor superior ao obtido por Crispim (2001) no mesmo rio, de 10.89 mg/L; essa variação possivelmente este relacionada com alterações no fluxo do Rio Paraná, promovida pelo controle de débitos efetuado por barramentos a montante.

O resultado do relacionamento entre os materiais de fundo e as velocidades de fluxo no Baixo Rio Ivinheima foi direto e fraco, indicado pelo valor R^2=0,2709 (Gráfico 3). A média granulométrica dos sedimentos de fundo da seção esteve entre areias média e fina, (QUEIROZ et al, 2004), moderadamente selecionadas, apresentando distribuição variando de aproximadamente simétrica à positiva, predominando curvas distributivas mesocúrticas e platicúrticas, com exceção a amostra de 12/99, que apresentou curva distributiva leptocúrtica. Observando o dado de curtose da amostra 12/99, esta indica a remoção de sedimentos pela corrente; as amostras 03/00 e 04/00 indicam que as modas estão significativamente separadas; e nas amostras 10/00, 01/01 e 04/01, indicam misturas das populações diferentes. Comparando os dados de assimetria da seção no período amostrado (1999/2001), nota-se que nesta localidade predominou deposição de sedimentos, uma vez que a maioria das amostras apresentou assimetria positiva, com exceção às campanhas 12/99 e 10/00, que apresentaram grau de assimetria aproximadamente simétrica (Tabelas 1, 2, 3 e 4).

O sedimento de fundo coletado na seção reflete o comportamento associado ao aporte de materiais a montante, originados no terraço e no planalto; não sofrendo nenhuma influência do canal Corutuba, que drena a várzea e se localiza a jusante da seção amostrada, cortando a região de montante da Planície Fluvial do Alto Rio Paraná. Isto também explica a baixa concentração de matéria orgânica encontrada na seção, denunciada por Rocha (2002). Além disso, a dinâmica do leito parece não ser influenciada pela dinâmica de inundação associada ao Rio Paraná neste período, ao contrario do que se pode perceber para os materiais em suspensão. Os dados hidrológicos (níveis hidrométricos) dos rios Ivinheima e Paraná estão apresentados no gráfico 4.

O entendimento das relações entre os materiais em transporte e o fluxo nos canais podem auxiliar na determinação de áreas em processo de deposição e/ou erosão, e servem também como indicadores de transformações no sistema fluvial, atuando como um importante parâmetro para avaliar mudanças ocorridas no uso e ocupação do solo nas áreas de montante, uma vez que o material que esta chegando na seção tem uma origem nas áreas de montante.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A.; ZALEWSKI, M. **A planície alagável do Rio Paraná: importância e preservação**. Maringá-PR: EDUEM, 1996.

ALMEIDA, B. T.; ROCHA, P. C. Dinâmica sedimentológica do Ribeirão Palmito, Três Lagoas-MS-Brasil. IN : V SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA E I ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA. 2004. **Anais...** Santa Maria-RS: 2004. CD-ROM.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo-SP: Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo-SP: Edgard Blücher, 1981.

COMUNELLO, E. **Dinâmica de inundações de áreas sazonalmente alagáveis na Planície Aluvial do Alto Rio Paraná**. Dissertação de mestrado – UEM. Maringá-PR, 2001.

CRISPIM, J. Q., **Alterações na hidrologia do canal após a construção de reservatório a montante: o caso da usina hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta (represa de Porto Primavera), Rio Paraná**. Dissertação de mestrado – UEM/PEA. Maraingá-PR, 2001.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. In: Bacias Hidrográficas. CUNHA, S. B. da. Rio de Janeiro-RJ: Bertrand, 1998.

FERNANDEZ, O. V. Q. et al. **Caracterização e distribuição dos sedimentos de fundo do Rio Paraná em Porto Rico (PR)**. Bauru-SP: Ciência Geográfica, v.I, VI, 2000. p.25-32. Janeiro/Abril-2000.

QUEIROZ, F. L. L. et al. **Caracterização dos materiais de fundo no Baixo Rio Ivinheima/Planície Fluvial do Alto Rio Paraná**. IN : V SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA E I ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA. 2004. **Anais...** Santa Maria-RS: 2004. CD-ROM.

ROCHA, P. C. **Dinâmica dos canais no sistema rio-planície fluvial do Alto Rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR**. Tese de doutoramento - UEM/PEA. Maringá-PR, 2002.

SEPLAN-MS. **Atlas Multirreferencial**. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral, Fundação IBGE, 1990. 28 p.

SILVA, J. L. et al. **Regime hidrológico dos Rios Paraná e Ivinheima e as interações com os processos de inundação da Planície Fluvial do Alto Rio Paraná/foz do Rio Ivinheima, região centro-sul do Brasil**. IN : V SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA E I ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA. 2004. **Anais...** Santa Maria-RS: 2004. CD-ROM.

SOUZA FILHO, E. E. Aspectos **da geologia e estratigrafia dos depósitos sedimentares do Rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR)**. Tese de doutoramento - USP/Instituto de geociências. São Paulo-SP, 1993.

SUGUIO, K. **Introdução á sedimentologia**. São Paulo-SP: Edgard Blücher, 1973.

ANEXO

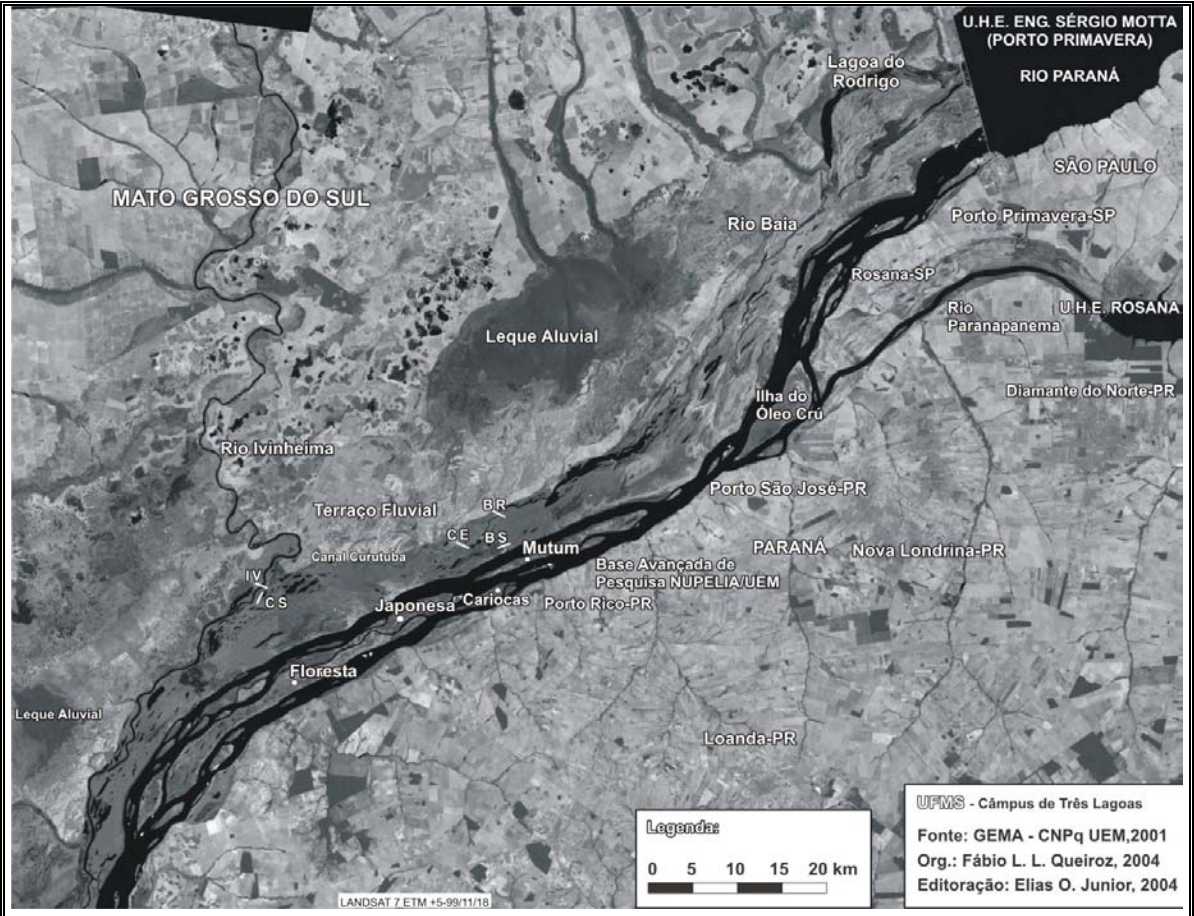

Figura 1. Localização da área de estudo e do ponto de amostragem (Seção I.V).

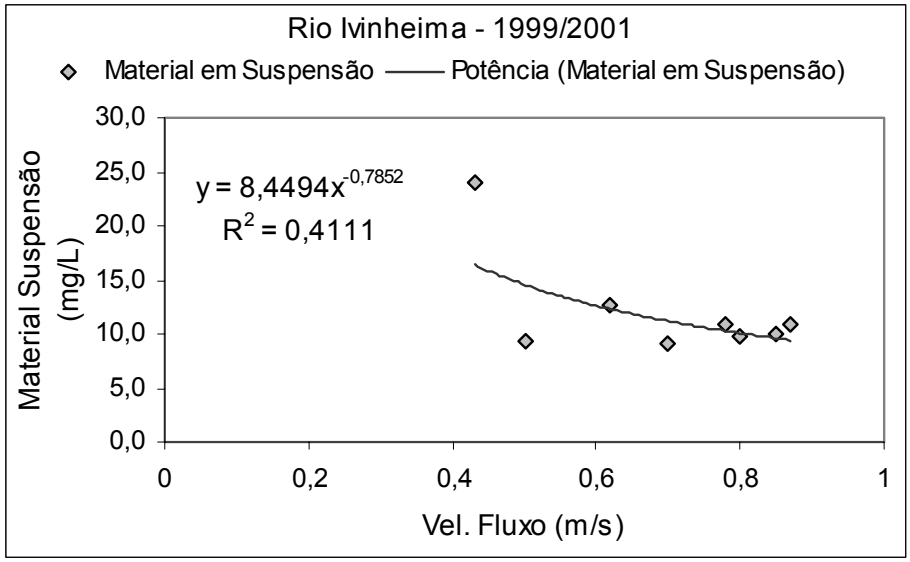

Gráfico 1

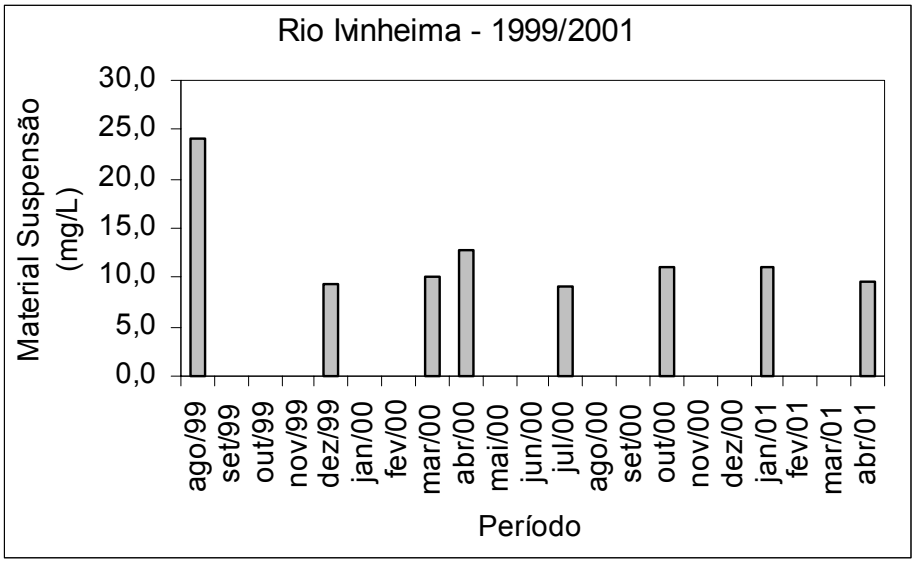

Gráfico 2

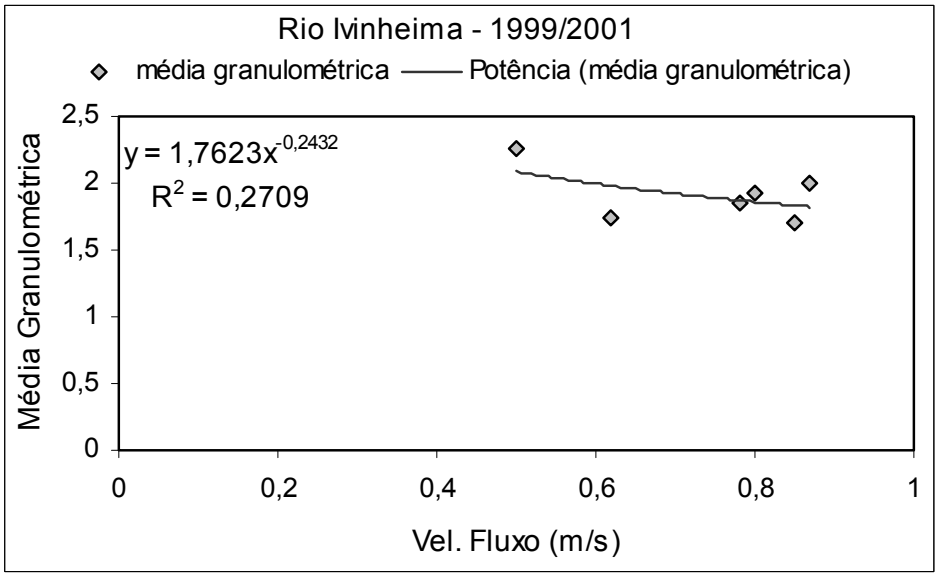

Gráfico 3

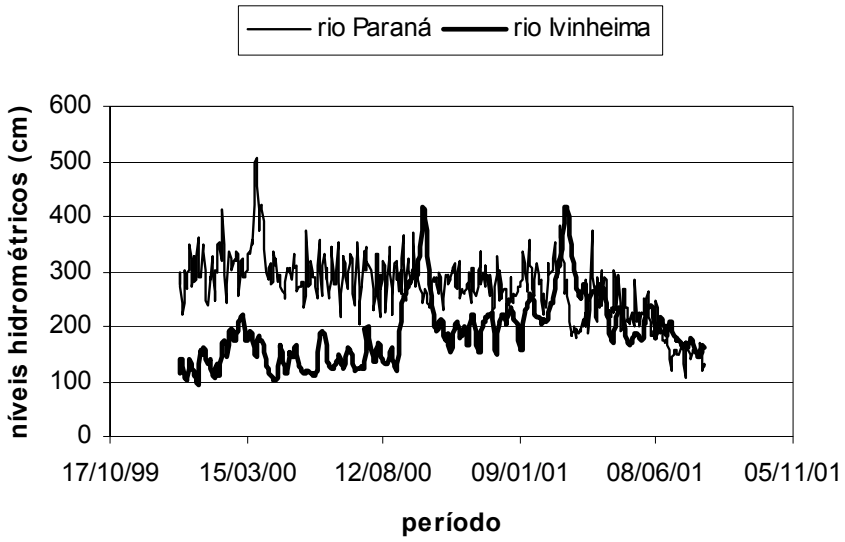
rio Paraná
rio Ivinheima
níveis hidrométricos (cm)
600
500
400
300
200
100
0
17/10/99
15/03/00
12/08/00
09/01/01
08/06/01
05/11/01
período

Gráfico 4